

小礫を対象とした鋼製透過型砂防堰堤の捕捉性能に関する実験的研究

日鉄建材株式会社 ○笠原啓, 國領ひろし

1. はじめに

土石流・流木対策設計技術指針解説(2016年4月)によると、鋼製透過型砂防堰堤がより確実に土石流を捕捉するためには、最上流面の縦部材および横部材の純間隔を最大礫径(ここでは、 D_{95})の1.0倍程度に設定するものとされている。一方、 D_{95} が小さい(例えば、 $D_{95}=0.2\text{m}$ 程度)場合、鋼管フレーム構造では製作および組立上、縦横部材を D_{95} の1.0倍程度で格子状に配置することは極めて困難である。そのため、土石流捕捉性能を低下させることなく、横部材のみ D_{95} の1.0倍程度で配置した構造(すなわち、縦部材は D_{95} の1.0倍を超えて配置)で土石流等を捕捉する構造が必要とされる。

そこで、本実験では、横部材を D_{95} の1.0倍程度で配置し、縦部材は D_{95} の1.0倍を超えて配置した鋼製透過型砂防堰堤モデルを対象に、直線実験水路を用いて礫のみを流下した場合と礫および流木を流下した場合に対する捕捉性能確認実験を行い、捕捉性能の検証を行った。

2. 水理模型実験の概要

2.1 実験水路

図-1に実験水路の概要を示す。実験水路は、長さ4.2m、幅0.3m、高さ0.5mの勾配可変式直線水路であり、水路勾配は土石流流下区間を想定して 15° に固定した。土石流を発生させる流水は、水路上部(上流)に置いた礫材料の後方から電動ポンプによって与えることとし、水路底面には、土石流の先頭部に段波を生起しやすくするために底面粗度(間隔20mm、高さ5mm、幅10mm)を配置した。

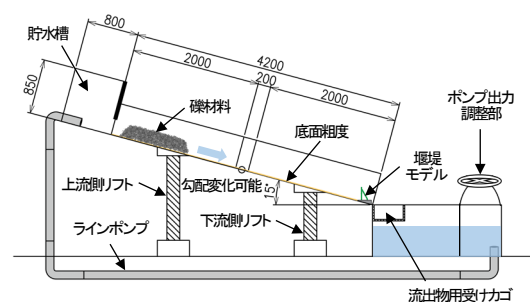


図-1 実験水路の概要

2.2 堰堤モデル

図-2に堰堤モデルの概要を示す。実験は、フルードの相似則を適用して1:40の縮尺で設定し、堰堤モデルの高さは200mm(実大で高さ8.0m)とした。本実験では、縦部材の配置および横部材に使用する部材(鋼管およびワイヤー)の違いによる捕捉性能を比較するため、CASE1:縦部材10mm(後述する D_{95} の2倍)+横部材(鋼管)5mm(D_{95} の1倍)で配置したモデル、CASE2:縦部材10mm(D_{95} の2倍。但し、両端部は間隔調整のため D_{95} の2.75倍)+横部材(ワイヤー)5mm(D_{95} の1倍)で配置したモデル、および参考としてCASE3:縦横部材を5mm(D_{95} の1倍)で配置したモデルの3タイプとした。

2.3 礫および流木モデル

礫モデルは、6号砕石(5~10mm)、7号砕石(2.5~5mm)および砕石スクリーニングス(~2.5mm)を用い、大粒径(6号砕石)と小~中粒径(7号砕石および砕石スクリーニングス)に分類し、大粒径のみ黄色に着色した。流下させた礫材料の総質量は39kgで、大粒径および小~中粒径の礫を容積比1:9で混合しており、最大礫径(95%粒径)は、 $D_{95}=5\text{mm}$ (実大で0.2m)である。

流木モデルは、直径 $\phi=3\text{mm}$ 、長さ $l=125\text{mm}$ の円柱状の木材を使用した。流木材料は、礫容量の2%となる600本とした。

2.4 実験ケース

表-1に実験ケースを示す。3タイプの堰堤モデルに対して、礫のみを流下した場合と礫および流木を流下した場合の2パターンを合わせた計6ケースを実施した。なお、実験は各ケース3回ずつ実施した。

表-1 実験ケース

No.	縦部材		横部材		流木 容積率	実験 回数
	部材	部材純間隔	部材	部材純間隔		
CASE1-G	鋼管	D_{95} の2倍(10mm)	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	—	3回
CASE2-G	鋼管	D_{95} の2倍(10mm)	ワイヤー	D_{95} の1倍(5mm)	—	3回
CASE3-G	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	—	3回
CASE1-W	鋼管	D_{95} の2倍(10mm)	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	2%	3回
CASE2-W	鋼管	D_{95} の2倍(10mm)	ワイヤー	D_{95} の1倍(5mm)	2%	3回
CASE3-W	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	鋼管	D_{95} の1倍(5mm)	2%	3回

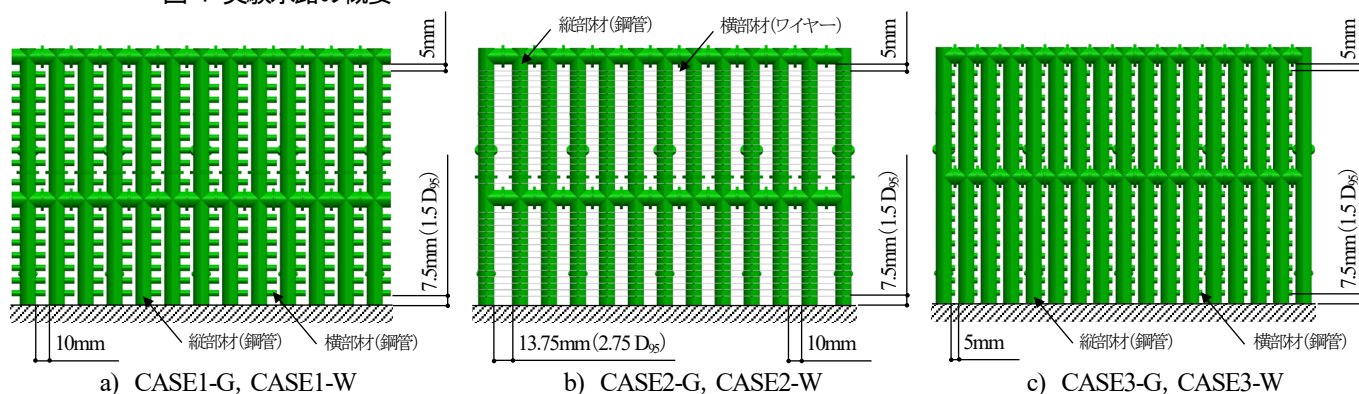


図-2 堰堤モデル

3. 実験結果および考察

3.1 礫のみの場合

(1) 捕捉率

捕捉率の結果を図-3 a)に示す。ここで、捕捉率は、堰堤を通過および越流した礫の重量を、流下させた礫の総重量で除した値の平均値として求めたものである。

これより、捕捉率は、CASE1-Gで98.8%、CASE2-Gで98.4%、CASE3-Gで98.9%となり、CASE2-Gの捕捉率が他のケースと比較して最も低い。これは、両端部の縦部材純間隔(D_{95} の2.75倍)が広いことによる影響が考えられるが、捕捉率の差は僅か(1.0%未満)であり、CASE1-GおよびCASE2-Gにおいて縦横部材を D_{95} の1倍に配置したモデル(CASE3-G)と同等の礫捕捉効果が得られることを確認した。

(2) 捕捉状況

捕捉状況を図-3 b)に示す。各ケースとも堰堤から上流中間付近にかけて大粒径の礫が比較的多く堆積している状況が確認され、同様の土石流捕捉形態であった。

3.2 礫および流木の場合

(1) 捕捉率

礫および流木捕捉率の結果を図-4 a)に示す。ここで、流木捕捉率は、堰堤を通過した流木本数を流下させた流木総本数で除した値の平均値として求めたものである。

これより、礫捕捉率は、CASE1-Wで99.0%、CASE2-Wで98.9%、CASE3-Wで99.6%となり、CASE1-WおよびCASE2-Wにおいて縦横部材を D_{95} の1倍に配置した堰堤モデル(CASE3-W)よりも礫捕捉率は低下するがその差は僅か(1.0%未満)であり、CASE3-Wと同等の礫捕捉効果が得られることを確認した。

また、流木捕捉率は、CASE1-Wで100%、CASE2-Wで99.9%、CASE3-Wで99.8%となり、CASE1-WおよびCASE2-Wにおいて縦横部材を D_{95} の1倍に配置した堰堤モデル(CASE3-W)と同等の流木捕捉効果が得られることを確認した。

(2) 捕捉状況

捕捉状況を図-4 b)に示す。各ケースで、捕捉面に流木が多く堆砂し、開口部を閉塞していることが認められた。また、堰堤上流域の礫の堆積については、堆積した流木から上流中間付近にかけて大粒径の礫が比較的多く堆積している状況が確認され、各ケースとも同様な土石流・流木捕捉形態であった。

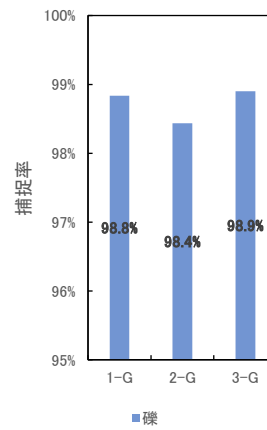
3.3 通過した礫の構成

堰堤モデルから通過した礫の通過率の結果を図-5に示す。ここで、礫の通過率は、礫を大粒径(粒径5~10mm)、小~中粒径(粒径~5mm)に分類し、それぞれの通過率(通過した各粒径の礫質量/流下礫の総質量)を求めたものである。

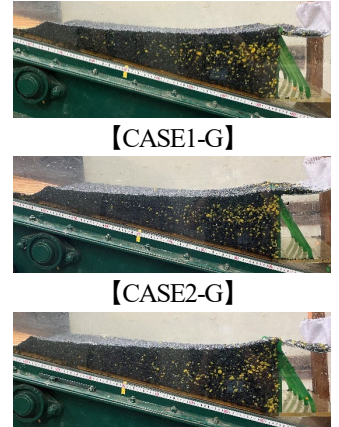
これより、礫の通過率は、縦部材を D_{95} の2倍で配置したCASE1およびCASE2で高くなる傾向にあるが、各ケースとも通過した礫は小~中粒径の礫が大半であり、大粒径の通過率は1.0%にも満たないことが確認された。

4. おわりに

縦部材の純間隔を、 D_{95} の1.0倍を超えて配置し、横部材に鋼管またはワイヤーを使用した鋼製透過型砂防堰堤モデルを対象に、捕捉性能の確認実験を行った結果、各ケースとも縦横部材

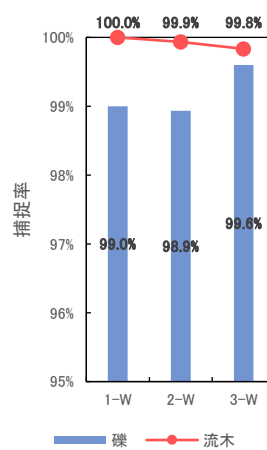


a) 捕捉率

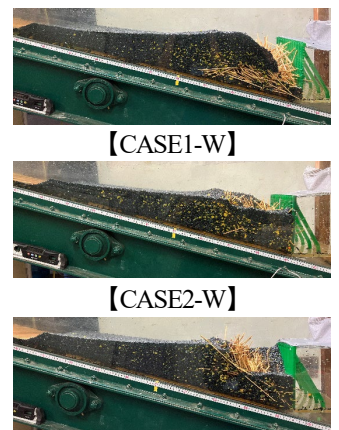


b) 捕捉状況

図-3 礫のみを流下した場合

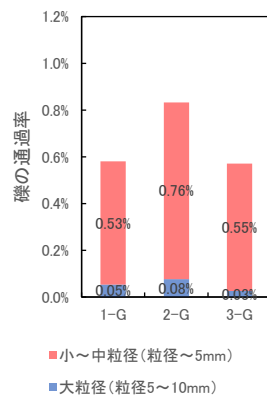


a) 捕捉率

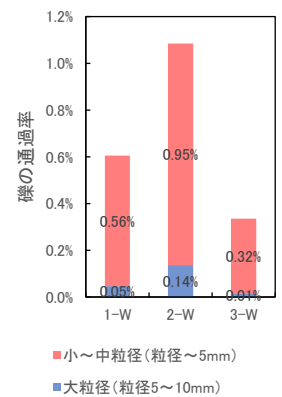


b) 捕捉状況

図-4 礫および流木を流下した場合



a) 礫のみを流下した場合



b) 礫および流木を流下した場合

図-5 礫の通過率

を D_{95} の1倍で配置した堰堤モデルと同等の礫および流木捕捉効果が得られることを確認した。

これより、鋼製透過型砂防堰堤において、小さい礫の捕捉が求められる場合には、横部材の純間隔を D_{95} の1倍とし、縦部材の純間隔を D_{95} の2倍に広げることが有効であると考えられる。

参考文献

- 国土交通省 国土技術政策総合研究所: 土石流・流木対策設計技術指針解説, 2016.